

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-162371

(43)Date of publication of application : 23.06.1995

(51)Int.Cl.

H04B 10/17

H04B 10/16

G02B 27/28

G02F 1/35

(21)Application number : 05-304319

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 03.12.1993

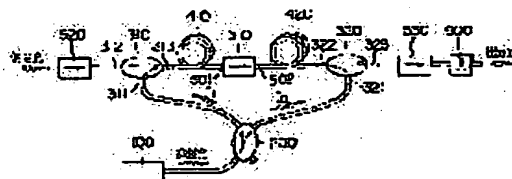
(72)Inventor : SHIGEMATSU MASAYUKI
NISHIMURA MASAYUKI

(54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical fiber amplifier capable of obtaining a low noise output while efficiently using the energy of exciting light.

CONSTITUTION: Signal light is inputted to an optical fiber 410 successively through an optical isolator 520 and a directional coupler 310. The signal light inputted to the fiber 410 is amplified within a range in which the logarithm of amplification gain from which a light absorption loss is removed is approximately proportional to the intensity of inputted exciting light and the amplified light is outputted. The light outputted from the fiber 410 is inputted to an optical fiber 420 through an optical isolator 510. The light inputted to the fiber 420 is amplified at high efficiency and the amplified light is outputted, made to pass successively through a directional coupler 320, an optical isolator 530 and a band pass filter 600 and then outputted as output light from the optical fiber amplifier.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.11.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-162371

(43) 公開日 平成7年(1995)6月23日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/17				
10/16				
G 0 2 B 27/28	A	9120-2K		
G 0 2 F 1/35	5 0 1	9316-2K		
		9372-5K		
			H 0 4 B 9/ 00	J
			審査請求 未請求	請求項の数9 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-304319

(22) 出願日 平成5年(1993)12月3日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 重松 昌行

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 西村 正幸

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

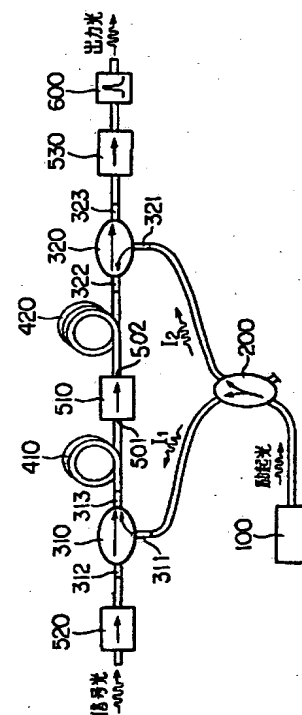
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器

(57) 【要約】

【目的】 励起光のエネルギーを効率良く使用しつつ、低雑音の出力を得ることのできる光ファイバ増幅器を提供する。

【構成】 信号光が光アイソレータ520と方向性結合器310とを順次経由して光ファイバ410に入力する。光ファイバ410に入力した信号光は、光吸収損失を除去した増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲で増幅されて出力される。光ファイバ410から出力された光は、光アイソレータ510を介して光ファイバ420に入力する。光ファイバ420に入力した光は、高効率で増幅されて出力され、方向性結合器320、光アイソレータ530、およびバンドパスフィルタ600を順次経由した後、光ファイバ増幅器の出力光として出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 励起光を発生する励起光源と、
前記励起光源から出力された励起光を入力し、2つの光
に分岐して出力する光分岐器と、

前記光分岐器から出力された第1の分岐励起光を入力す
るとともに、入力した信号光を光吸収損失を除去した増
幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲で増幅
して出力する第1の光ファイバ増幅段と、

前記第1の光ファイバ増幅段から出力された光を入力を
光入射面から入力し、透過後に光出力面から出力すると
ともに、光出力面から入力した光に関しては透過しない
光アイソレータと、

前記光分岐器から出力された第2の分岐励起光を入力す
るとともに、光アイソレータから出力された光を入力
し、前記光アイソレータから出力された光を増幅して出
力する第2の光ファイバ増幅段と、
を備えることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 2】 前記第1の光ファイバ増幅段は、
前記光分岐器から出力された第1の分岐励起光を第1の
端子から入力するとともに、信号光を第2の端子から入
力して、第3の端子から出力する第1の方向性結合器
と、

前記第1の方向性結合器の前記第3の端子から出力され
た光を入力し、信号光を光吸収損失を除去した増幅利得
の対数が入力励起光強度に略比例する範囲で増幅して出
力する第1の光ファイバと、

を備え、

前記第2の光ファイバ増幅段は、

前記光分岐器から出力された第2の分岐励起光を第4の
端子から入力して第5の端子から出力するとともに、前
記第5の端子から入力した光を、第6の端子から出力す
る第2の方向性結合器と、

前記光アイソレータから出力された光を一方の端面から
入力し、増幅して他方の端面から前記第2の方向性結合
器の前記第5の端子へ出力する第2の光ファイバと、
を備えることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ増
幅器。

【請求項 3】 前記第1の光ファイバ増幅段と前記第2
の光ファイバ増幅段とが備える増幅用光ファイバは、希
土類元素添加の光ファイバである、ことを特徴とする請
求項1記載の光ファイバ増幅器。

【請求項 4】 前記信号光の波長は1.55 μm 帯であ
り、前記希土類元素はErであり、前記励起光の波長は
略0.98 μm および略1.48 μm のいずれか一方で
ある、ことを特徴とする請求項3記載の光ファイバ増幅
器。

【請求項 5】 前記第1の分岐励起光の強度は、前記第
1の光ファイバ増幅段の増幅利得の対数が入力励起光強
度に略比例する範囲の値である、ことを特徴とする請求
項1記載の光ファイバ増幅器。

【請求項 6】 前記第1の光ファイバ増幅段からの出力
光の強度は、-20 dBm以上-15 dBm以下であ
る、ことを特徴とする請求項5記載の光ファイバ増幅
器。

【請求項 7】 前記第1の光ファイバ増幅段が備える第
1の増幅用光ファイバの組成と前記第2の光ファイバ増
幅段が備える第2の増幅用光ファイバの組成は略同一で
あり、前記第1の増幅用光ファイバの増幅部の長さは前
記第2の増幅用光ファイバの増幅部の長さよりも短く、
かつ前記第1の分岐励起光の強度は前記第2の分岐励起
光の強度よりも小さい、ことを特徴とする請求項1記載
の光ファイバ増幅器。

【請求項 8】 前記第2の光ファイバ増幅段が備える増
幅用光ファイバの前記光アイソレータ側の端面付近に励
起光の波長の光を選択的に反射する回折格子が形成され
ている、ことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ増
幅器。

【請求項 9】 前記第2の光ファイバ増幅段が備える増
幅用光ファイバの前記光アイソレータ側の端面付近に略
1530 nmの波長の光を選択的に反射する回折格子が
形成されている、ことを特徴とする請求項4記載の光フ
ァイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信システムで使用
される光ファイバ増幅器に関するものである。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】 動作
エネルギーが光の形態で供給され、入力した信号光を増幅
して出力する光ファイバ増幅器が光通信システムを中心
に使用されている。特に、Erなどの希土類元素が添加
された光ファイバを使用した光ファイバ増幅器は、高速
性および低ノイズ性で優れており、多用されている。図
4は、従来の典型的なEr添加の増幅用光ファイバを使用
した光ファイバ増幅器の構成図である。通常の信号光
増幅は、こうした構成の光ファイバ増幅器で行われてい
る。また、光ファイバ増幅器の感度向上に伴い、利用で
きる信号光の入力強度の下限が-40 dBm以下に達し
ている。

【0003】ところで、図4の構成の光ファイバ増幅器
で入力強度が-40 dBm程度という低強度の信号光を
増幅することは可能であるが、強度が小さい入力信号光
を高増幅率で増幅使用とすると、増幅用光ファイバ内の
Erにおける自然放出光（主に、1530 nm帯）の増
幅（ASE; amplified spontaneous emission）に励起
光の形態で供給される増幅用のエネルギーの多くが消費さ
れる。したがって、増幅用光ファイバを長くしたり、励
起光の強度を大きくしたりしても信号光の増幅利得を有
効に向上することができない。また、増幅用光ファイバ
を長くしたり、励起光の強度を大きくしたりすると、A

SEによる雑音成分が大きくなりノイズ指数(NF; noise figure)が大きくなる。

【0004】こうした、従来の光ファイバ増幅器を1台使用した低強度入力信号光の増幅における原理的な問題点に対処するため、2台の従来の光ファイバ増幅器を直列に接続して信号光の増幅利得を向上する方法が知られている(Y.K.Park, et.al.: OFC/I00C'93 Technical Digest, TuD4)。しかし、2台の光ファイバ増幅器を使用するのは、構成部品の点数が多くなり、信頼性に欠ける、小形化が困難である、および価格が上がるといった問題点が発生していた。

【0005】本発明は、上記の問題点を解消するためになされたものであり、励起光のエネルギーを効率良く使用しつつ、低雑音の出力を得ることのできる光ファイバ増幅器を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の光ファイバ増幅器は、(a)励起光を発生する励起光源と、(b)励起光源から出力された励起光を入力し、2つの光に分岐して出力する光分岐器と、(c)光分岐器から出力された第1の分岐励起光を入力するとともに、入力した信号光を光吸収損失を除去した増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲で増幅して出力する第1の光ファイバ増幅段と、(d)第1の光ファイバ増幅段から出力された光を入力を光入射面から入力し、透過後に光出力面から出力するとともに、光出力面から入力した光に関しては透過しない光アイソレータと、(e)光分岐器から出力された第2の分岐励起光を入力するとともに、光アイソレータから出力された光を一方の端面から入力し、光アイソレータから出力された光を増幅して出力する第2の光ファイバ増幅段と、を備えることを特徴とする。

【0007】ここで、第1の光ファイバ増幅段は、①光分岐器から出力された第1の分岐励起光を第1の端子から入力するとともに、信号光を第2の端子から入力して、第3の端子から出力する第1の方向性結合器と、②第1の方向性結合器の第3の端子から出力された光を入力し、光吸収損失を除去した増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲で信号光を増幅して出力する第1の光ファイバと、を備え、第2の光ファイバ増幅段は、①光分岐器から出力された第2の分岐励起光を第4の端子から入力して第5の端子から出力するとともに、第5の端子から入力した光を、第6の端子から出力する第2の方向性結合器と、②光アイソレータから出力された光を一方の端面から入力し、増幅して他方の端面から第2の方向性結合器の第5の端子へ出力する第2の光ファイバと、を備え、前段を前方励起法で、後段を後方励起法で増幅することを特徴としてもよい。

【0008】また、第1の光ファイバ増幅段と第2の光ファイバ増幅段とが備える増幅用光ファイバは希土類元素添加の光ファイバであり、更に、①信号光の波長は

1. $55\mu\text{m}$ 帯であり、②希土類元素はエルビウムであり、③励起光の波長は略 980nm または略 1480nm である、ことを特徴としてもよい。

【0009】また、第1の光ファイバ増幅段からの出力光の強度は、約 -20dBm 以上であり、かつ約 -15dBm 以下である、ことが好適である。

【0010】また、第1の光ファイバ増幅段が備える第1の増幅用光ケーブルの組成と第2の光ファイバ増幅段が備える第2の増幅用光ファイバの組成は略同一であり、第1の増幅用光ファイバの増幅部の長さは第2の増幅用光ファイバの増幅部の長さよりも短く、第1の分岐励起光の強度は第2の分岐励起光の強度よりも小さいことを特徴としてもよい。

【0011】また、第2の光ファイバ増幅段が備える増幅用光ファイバの光アイソレータ側の端面付近に励起光の波長の光を選択的に反射する回折格子が形成されている、ことを特徴としてもよい。更に、①前記信号光の波長は略 1550nm であり、②希土類元素はエルビウムであり、③励起光の波長は略 980nm または略 1480nm である場合には、第2の光ファイバ増幅段が備える光ファイバの光アイソレータ側の端面付近に略 1530nm の波長の光を選択的に反射する回折格子が形成されている、ことを特徴としてもよい。

【0012】

【作用】本発明の光ファイバ増幅器では、1つの励起光源が発生した励起光(希土類元素がErの場合には、波長=略 980nm または略 1480nm)を光分岐器で第1の分岐励起光と第2の分岐励起光とに分岐され、第1の分岐励起光により第1の光ファイバ増幅段が備える増幅用光ファイバ(以後、前段光ファイバとも呼ぶ)内の希土類元素を励起するとともに、第2の分岐励起光により第2の光ファイバ増幅段が備える増幅用光ファイバ(以後、後段光ファイバとも呼ぶ)内の希土類元素を励起する。励起光の分岐にあたっては、第1の分岐励起光の強度は、光吸収損失を除去した前段光ファイバの増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲内となるように設定される。

【0013】ここで、増幅用光ファイバの励起の方式は、得たい増幅強度と許容できるノイズ指数によって選択されるものであるが、以下の選択基準がある。第1の分岐励起光による前段光ファイバの励起では、前方励起または後方励起のいずれも採用可能であるが、ノイズ発生がより小さい前方励起が好ましい。後方励起としても、前段光ファイバの増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲内であれば、雑音指数はあまり大きくならないので充分に実用的である。また、第2の分岐励起光による後段光ファイバの励起では、増幅利得の大きな後方励起を採用することが好ましい。

【0014】この状態で、信号光が第1の方向性結合器を経由して前段光ファイバに入力する。前段光ファイバ

に投入した信号光は、光吸収損失を除去した増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲で増幅されて出力される。前段光ファイバから出力された光は光アイソレータを介して後段光ファイバに投入する。後段光ファイバに投入した光は、第2の分岐光の後方入力による後方励起により高効率で増幅されて出力され、第2の方向性結合器を介した後、光ファイバ増幅器としての出力光となる。

【0015】なお、希土類元素がErである場合、通常、前方励起法では、光吸収損失を除去した増幅用光ファイバの増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲ではノイズ指数が3dB程度である。また、この程度のノイズ指数であれば、信号光の波長の光の強度が-20dBm~-15dBm程度であれば、後方励起法による増幅作用においても最終的に得られる光のノイズ指数はあまり大きくなならないことが知られている。したがって、第1の光ファイバの出力光の強度を-20dBm~-15dBm程度となるように第1の光ファイバの組成、長さ、および励起光の強度を制御することが、得られる増幅光の質と増幅用エネルギーの効率的な使用との点から見て好適である。

【0016】また、現状では、励起光源として60~80mW程度の出力強度が得られるものが実現されており、また、入力信号光の強度が-40dB程度するとき、増幅利得が20dB~25dBとなる前方励起の励起光強度は5mW程度で済む場合が多い。したがって、第2の光ファイバに供給できる励起光の強度は55mW~75mW程度とできる。この励起光のエネルギーを十分に生かした増幅を行うためには、同一の組成の光ファイバであれば、前段光ファイバの長さよりも後段光ファイバの長さのほうが長くなることが通常である。

【0017】さらに、後段光ファイバの光アイソレータ側の端面付近に励起光の波長の光を反射する回折格子を形成すると、後方励起法により後段光ファイバに投入した励起光の内、希土類元素の励起に寄与しなかった励起光の一部が、再び後段光ファイバを通過させることにより、後段光ファイバ内の希土類元素の励起に寄与する。また、希土類元素がErの場合、後段光ファイバの光アイソレータ側の端面付近に1530nm帯の光を反射する回折格子を形成すると、前段光ファイバの出力光に含まれるASE雑音の主要成分である1530nm帯の光は、実質的に後段光ファイバには入力しない。なお、光ファイバ内への回折格子の形成については、“L.Reekie et.al. : OFC'93, PD14”および“G.William et.al. : PCT/US85/01451”などに記載されているように、強力な紫外光の干渉パターンをコア部に照射することで、コア部に回折格子を形成することができる。

【0018】

【実施例】以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施例を説明する。なお、図面の説明にあたって同一の要

素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0019】（第1実施例）図1は、本発明の光ファイバ増幅器の第1実施例の構成図である。なお、以下の説明において入力信号光の強度は-40dBmを想定している。図示のように、この装置は、(a)波長が980nmの励起光を発生する、出力強度が約60mWの励起光源100と、(b)励起光源100から出力された励起光を入力し、約5mW強度の励起光I₁と約55mW強度の励起光I₂との2つの励起光に分岐して出力する光分岐器200と、(c)光分岐器200から出力された励起光I₁を端子311から入力して端子313から出力するとともに、信号光を端子312から入力して端子313から出力する方向性結合器310と、(d)光分岐器200から出力された励起光I₂を端子321から入力して端子322から出力するとともに、端子322から入力した光を、端子323から出力する方向性結合器320と、(e)方向性結合器310の端子313から出力された光を入力し、光吸収損失を除去した増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲で信号光を増幅して、信号光の波長の光の強度を約-15dBmに増幅して出力する光ファイバ410と、(f)光ファイバ410から出力された光を光入力面501から入力し、透過後に光出力面502から出力するとともに、光出力面502から入力した光に関しては透過しない光アイソレータ510と、(g)光アイソレータ510から出力された光を入力し、増幅して方向性結合器320の端子322へ出力する、光ファイバ410と同一の組成から成る光ファイバ420と、(h)入力信号光を入力し、入力信号光の進行方向に進む光のみを透過して方向性結合器310の端子312へ向けて出力する光アイソレータ520と、(i)方向性結合器320の端子323から出力された光を入力し、方向性結合器320の端子323から出力された光の進行方向に進む光のみを透過する光アイソレータ530と、(j)光アイソレータ530から出力された光を入力し、信号光の波長付近の波長の光を選択的に透過する光バンドパスフィルタ600と、から構成される。

【0020】図2は、一般的なEr添加の増幅用光ファイバにおける入力光（強度=-40dBm、波長=1552nm）の増幅利得の励起光強度に対する依存性を示すグラフである。図2から分かるように、励起光の強度が0mWから5mW程度までは、自身による光吸収損失を除くと、増幅利得（単位をdBとして）は励起光強度に依存している。光ファイバ410は、図2のような特性を備える種類の光ファイバ組成からなり、5mWの励起光の前方励起で-40dBmの入力信号光（波長：1.55μm帯）に対して約25dBの増幅利得となるように長さが選択されている。

【0021】本実施例の光ファイバ増幅器では、励起光源100が発生した励起光（波長=980nm）を光分

岐器200で励起光 I_1 （強度＝約5mW）と励起光 I_2 （強度＝約55mW）とに分岐され、励起光 I_1 によるノイズ発生的小さい前方励起で光ファイバ410内の E_r を励起するとともに、励起光 I_2 による増幅利得の高い後方励起で光ファイバ420内の E_r を励起する。

【0022】この状態で、信号光（強度＝−40dBm）が光アイソレータ520と方向性結合器310とを順次経由して光ファイバ410に入力する。光ファイバ410に入力した信号光は、光吸収損失を除去した増幅利得の対数が入力励起光強度に略比例する範囲で増幅され、強度＝約−15dBm、ノイズ指数＝約3dBで出力される。光ファイバ410から出力された光は、光アイソレータ510を介して光ファイバ420に入力する。光ファイバ420に入力した光は、分岐光 I_2 の後方入力による後方励起により高効率で増幅されて出力され、方向性結合器320、光アイソレータ530、およびバンドパスフィルタ600を順次経由した後、光ファイバ増幅器の出力光として出力する。こうして、増幅用エネルギーを効率的に使用して、低ノイズ、高増幅率を達成する。

【0023】（第2実施例）図3は、本発明の光ファイバ増幅器の第2実施例の構成図である。図示のように、本実施例の装置は、後段の光ファイバ450が異なる以外は第1実施例と同様に構成される。そして、光ファイバ450は、光アイソレータ510側の端面付近に波長が略980nmの光を反射する回折格子451と波長が略1530nmの光を反射する回折格子452とが形成されている点が、第1実施例の光ファイバ420と異なる。

【0024】本実施例の光ファイバ増幅器では、第1実施例と同様に、励起光源100が発生した励起光（波長＝980nm）を光分岐器200で励起光 I_1 （強度＝約5mW）と励起光 I_2 （強度＝約55mW）とに分岐され、励起光 I_1 によるノイズ発生的小さい前方励起で光ファイバ410内の E_r を励起するとともに、励起光 I_2 による増幅利得の高い後方励起で光ファイバ450内の E_r を励起する。このとき、励起光 I_2 の内、 E_r の励起に寄与しなかった励起光の一部が回折格子451で反射され、再び光ファイバ450を通過するので、この再通過によっても光ファイバ450内の E_r が励起され、増幅効率が向上するとともに雑音指数の劣化も防ぐ。

【0025】本実施例の光ファイバ増幅器では、信号光の入射から光アイソレータ510からの光出力までは第1実施例と同様に動作する。光アイソレータ510から、光ファイバ450に入力した光は、回折格子452によりASE雑音の主要部である波長が略1530nmの光が反射され、ノイズ光が低減した状態で光ファイバ450の残りの部分を通過しながら増幅される。また、反射された1530nm帯のASE雑音は光アイソレー

タ510により光ファイバ410に入射することもない。以後、第1実施例と同様に動作して低ノイズの出力光が出力される。

【0026】本実施例では、励起光と略同一の波長の光を反射する回折格子とASE雑音の主要部の波長の光を反射する回折格子との双方を形成したが、どちらか一方を形成した場合には、上記で説明した夫々の効果を達成する。

【0027】本発明は、上記の実施例に限定されるものではなく、変形が可能である。

【0028】例えば、励起光の波長を1480nmとしても、上記実施例と同様に動作し、同様の効果を奏する。また、前段光ファイバと後段光ファイバとは同一組成のものを使用したか、互いに異なる組成の光ファイバを用いてもよい。また、希土類元素は E_r に限らずNd・Prを使用することも可能である。また、前段光ファイバの励起を前方励起としたが、後方励起とすることも可能である。

【0029】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明の光ファイバ増幅器によれば、信号光の増幅を前段の光ファイバにより低雑音で増幅後、後段の光ファイバにより高利得で増幅するので、1つの励起光源から出力される励起光のエネルギーを効率良く使用しつつ、低雑音の出力を得ることのできる光ファイバ増幅器を実現できる。

【0030】また、後段の光ファイバの光アイソレータ側の端面付近に励起光の波長の光を反射する回折格子を形成すると、後方励起法により後段の光ファイバに入力した励起光の内、希土類元素の励起に寄与しなかった励起光の一部が、再び後段の光ファイバを通過させることにより、後段の光ファイバ内の希土類元素の励起に寄与するので、増幅効率を向上できる。

【0031】また、希土類元素が E_r の場合、後段の光ファイバの光アイソレータ側の端面付近に1530nm帯の光を反射する回折格子を形成すると、前段の光ファイバの出力光に含まれるASE雑音の主要成分である1530nm帯の光は、実質的に後段の光ファイバには入力しないので、光ファイバ増幅器としての出力光に含まれる雑音光を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の光ファイバ増幅器の構成図である。

【図2】増幅用光ファイバの増幅利得の励起光強度に対する依存性を示すグラフである。

【図3】本発明の第2実施例の光ファイバ増幅器の構成図である。

【図4】従来の光ファイバ増幅器の構成図である。

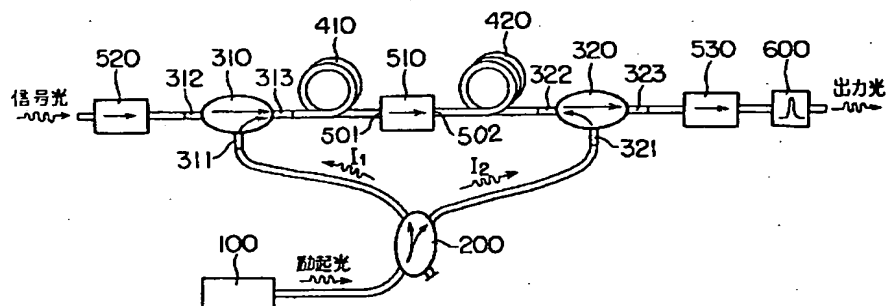
【符号の説明】

100…励起光源、200…光分岐器、310、320…方向性結合器、410、420、450…光ファイ

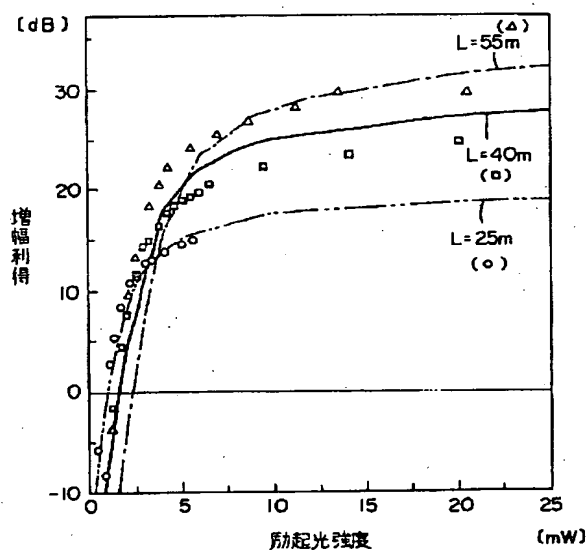
パ、451、452…回折格子、510、520、53

0…光アイソレータ、600…光バンドパスフィルタ。

【図1】

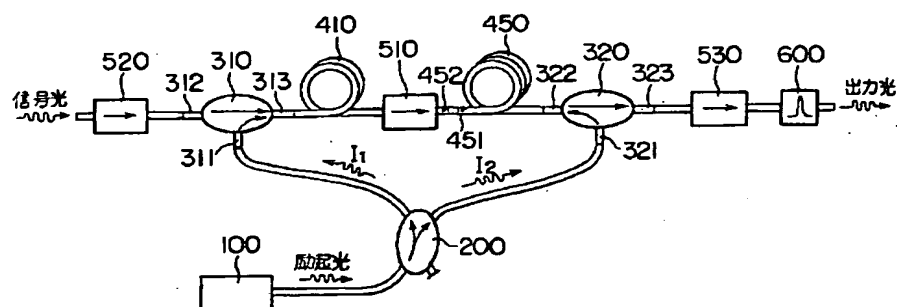


【図2】

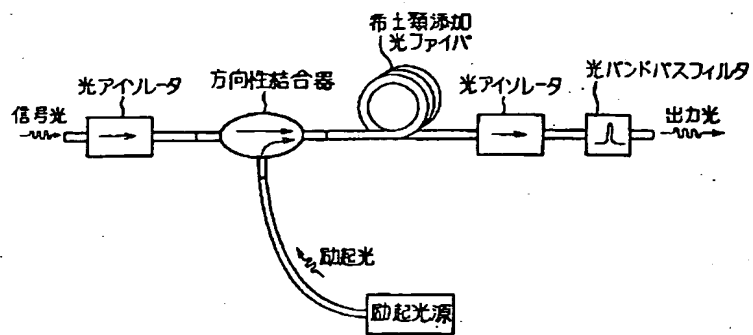


信号光波長 = 1.552 μm
 入力光パワー = -40 dBm
 励起光波長 = 0.98 μm
 L: Er(0.04wt%)添加ファイバの長さ

【図3】



【図4】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :
07-162371

(43)Date of publication of application :
23.06.1995

(51)Int.Cl.
H04B 10/17

H04B 10/16

G02B 27/28

G02F 1/35

(21)Application number :
05-304319

(71)Applicant :
SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing :
03.12.1993

(72)Inventor :
SHIGEMATSU MASAYUKI
NISHIMURA MASAYUKI

(54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical fiber amplifier capable of obtaining a low noise output while efficiently using the energy of exciting light.

CONSTITUTION: Signal light is inputted to an optical fiber 410 successively through an optical isolator 520 and a directional coupler 310. The signal light inputted to the fiber 410 is amplified within a range in which the logarithm of amplification gain from which a light absorption loss is removed is approximately proportional to the intensity of inputted exciting light and the amplified light is outputted. The light outputted from the fiber 410 is inputted to an optical fiber 420 through an optical isolator 510. The light inputted to the fiber 420 is amplified at high efficiency and the amplified light is outputted, made to pass successively through a directional coupler 320, an optical isolator 530 and a band pass filter 600 and then outputted as output light from the optical fiber amplifier.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

07.11.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] While inputting the excitation light outputted from the excitation light source which generates excitation light, and said excitation light source and inputting the 1st branching excitation light outputted from the optical turnout branched and outputted to two light, and said optical turnout The 1st optical fiber magnification stage where the logarithm of the magnification gain which removed light absorption loss amplifies and outputs the inputted signal light to input excitation light reinforcement in the range which carries out proportionally [abbreviation], While inputting an input from optical plane of incidence and outputting after transparency the light outputted from said 1st optical fiber magnification stage from an optical output side While inputting the 2nd branching excitation light outputted from said optical turnout as the optical isolator which is not penetrated about the inputted light from an optical output side Optical fiber amplifier characterized by having the 2nd optical fiber magnification stage which amplifies and outputs the light which inputted the light outputted from the optical isolator and was outputted from said optical isolator.

[Claim 2] While said 1st optical fiber magnification stage inputs the 1st branching excitation light outputted from said optical turnout from the 1st terminal The 1st directional coupler which inputs signal light from the 2nd terminal and is outputted from the 3rd terminal, The 1st optical fiber with which the light outputted from said 3rd terminal of said 1st directional coupler is inputted, and the logarithm of the magnification gain which removed light absorption loss amplifies and outputs signal light to input excitation light reinforcement in the range which carries out proportionally [abbreviation], While a preparation and said 2nd optical fiber magnification stage input the 2nd branching excitation light outputted from said optical turnout from the 4th terminal and outputting from the 5th terminal The 2nd directional coupler which outputs the light inputted from said 5th terminal from the 6th terminal, Optical fiber amplifier according to claim 1 characterized by having the 2nd optical fiber which inputs and amplifies the light outputted from said optical isolator from one end face, and is outputted to said 5th terminal of said 2nd directional coupler from an other-end side.

[Claim 3] The optical fiber for magnification with which said 1st optical fiber magnification stage and said 2nd optical fiber magnification stage are equipped is optical fiber amplifier according to claim 1 characterized by what is been the optical fiber of rare-earth-elements addition.

[Claim 4] It is the optical fiber amplifier according to claim 3 which the wavelength of said signal light is 1.55-micrometer band, and said rare earth elements are Er, and is characterized by what the wavelength of said excitation light is 0.98 micrometers of abbreviation, and 1.48 micrometers of either abbreviation.

[Claim 5] Said 1st branching excitation luminous intensity is optical fiber amplifier according to claim 1 with which the logarithm of the magnification gain of said 1st optical fiber magnification stage is characterized by what is been the value of the range which carries out proportionally [abbreviation] at input excitation light reinforcement.

[Claim 6] The output luminous intensity from said 1st optical fiber magnification stage is optical fiber amplifier according to claim 5 characterized by -20dBm or more the thing which it is -15dBm or less.

[Claim 7] The presentation of the 1st optical fiber for magnification with which said 1st optical fiber magnification stage is equipped, and the presentation of the 2nd optical fiber for magnification with which said 2nd optical fiber magnification stage is equipped are abbreviation identitases. Said 1st branching excitation luminous intensity is optical fiber amplifier [smaller than said 2nd branching excitation luminous intensity] according to claim 1 with the die length of the amplifier of said 1st optical fiber for magnification shorter than the die length of the amplifier of said 2nd optical fiber for magnification and characterized by things.

[Claim 8] Optical fiber amplifier according to claim 1 characterized by what the diffraction grating which reflects the light of the wavelength of excitation light near the end face by the side of said optical isolator of the optical fiber for magnification with which said 2nd optical fiber magnification stage is equipped alternatively is

formed for.

[Claim 9] Optical fiber amplifier according to claim 4 characterized by what the diffraction grating which reflects the light of the wavelength of 1530nm of abbreviation near the end face by the side of said optical isolator of the optical fiber for magnification with which said 2nd optical fiber magnification stage is equipped alternatively is formed for.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the optical fiber amplifier used with an optical transmission system.

[0002]

[Description of the Prior Art] Energy of operation is supplied with the gestalt of light, and the optical fiber amplifier which amplifies and outputs the inputted signal light is used centering on the optical transmission system. Especially the optical fiber amplifier that used the optical fiber with which rare earth elements, such as Er, were added is excellent in rapidity and low noise nature, and is used abundantly. Drawing 4 is the block diagram of the optical fiber amplifier which used the optical fiber for magnification of the conventional typical Er addition. The usual signal optical amplification is performed by the optical fiber amplifier of such a configuration. Moreover, the minimum of the input reinforcement of the signal light which can be used amounts to -40dBm or less with the improvement in sensibility of optical fiber amplifier.

[0003] By the way, although input reinforcement is able to amplify the signal light of the low strength of about -40dBm with the optical fiber amplifier of the configuration of drawing 4, if input signal light with small reinforcement is magnification use with a high amplification factor, many of energy for magnification supplied to magnification (ASE; amplified spontaneous emission) of the spontaneous emission light (mainly 1530nm band) in Er in the optical fiber for magnification with the gestalt of excitation light will be consumed. Therefore, even if it lengthens the optical fiber for magnification or enlarges excitation luminous intensity, magnification gain of signal light cannot be improved effectively. Moreover, if the optical fiber for magnification is lengthened or excitation luminous intensity is enlarged, the noise component by ASE will become large and

a noise characteristic (NF; noise figure) will become large.

[0004] In order to cope with the theoretic trouble in magnification of the low-strength input signal light which used one set of such conventional optical fiber amplifier, the approach of connecting two sets of the conventional optical fiber amplifier to a serial, and improving the magnification gain of signal light is learned (Y. KPark, et.al. :OFC/IOOC'93 Technical Digest, and TuD4). However, in using two sets of optical fiber amplifier, the mark of a component part increased and the trouble which lacks in dependability that a miniaturization was difficult and a price went up had occurred.

[0005] It aims at offering the optical fiber amplifier which can obtain the output of a low noise, excitation luminous energy being efficiently used [this invention is made in order to cancel the above-mentioned trouble, and] for it.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The excitation light source in which the optical fiber amplifier of this invention generates (a) excitation light, (b) While inputting the excitation light outputted from the excitation light source and inputting the 1st branching excitation light outputted from the optical turnout branched and outputted to two light, and (c) light turnout The 1st optical fiber magnification stage where the logarithm of the magnification gain which removed light absorption loss amplifies and outputs the inputted signal light to input excitation light reinforcement in the range which carries out proportionally [abbreviation], (d) While inputting an input from optical plane of incidence and outputting after transparency the light outputted from the 1st optical fiber magnification stage from an optical output side While inputting the 2nd branching excitation light outputted from (e) light turnout as the optical isolator which is not penetrated about the inputted light from an optical output side The light outputted from the optical isolator is inputted from one end face, and it is characterized by having the 2nd optical fiber magnification stage which amplifies and outputs the light outputted from the optical isolator.

[0007] While the 1st optical fiber magnification stage inputs the 1st branching excitation light outputted from ** light turnout from the 1st terminal here The 1st directional coupler which inputs signal light from the 2nd terminal and is outputted from the 3rd terminal, ** The 1st optical fiber with which the logarithm of the magnification gain which inputted the light outputted from the 3rd terminal of the 1st directional coupler, and removed light absorption loss amplifies and outputs signal light to input excitation light reinforcement in the range which carries out proportionally [abbreviation], While a preparation and the 2nd optical fiber magnification stage input the 2nd branching excitation light outputted from ** light turnout from the 4th terminal and outputting from the 5th terminal The 2nd directional coupler which outputs the light inputted from the 5th terminal from the 6th terminal, ** It is good also considering having the 2nd optical fiber which inputs and amplifies the light outputted from the optical isolator from one end face, and is outputted to the 5th terminal of the 2nd directional coupler from an other-end side, amplifying the preceding paragraph by the front exciting method, and amplifying the latter part by the back exciting method as a description.

[0008] Moreover, the optical fiber for magnification with which the 1st optical fiber magnification stage and the 2nd optical fiber magnification stage are equipped is an optical fiber of rare-earth-elements addition, the wavelength of ** signal light is 1.55-micrometer band, ** rare earth elements are erbiums, and the wavelength of ** excitation light is still better also considering what is been 980nm of abbreviation, and 1480nm of abbreviation as a description.

[0009] Moreover, the output luminous intensity from the 1st optical fiber magnification stage is [about]. -It is 20dBm or more, and is [about]. -What is been 15dBm or less is suitable.

[0010] Moreover, the presentation of the 1st optical cable for magnification with which the 1st optical fiber magnification stage is equipped, and the presentation of the 2nd optical fiber for magnification with which the 2nd optical fiber magnification stage is equipped are abbreviation identitases, the die length of the amplifier of the 1st optical fiber for magnification is shorter than the die length of the amplifier of the 2nd optical fiber for magnification, and the 1st branching excitation luminous intensity is good also considering being smaller than the 2nd branching excitation luminous intensity as a description.

[0011] Moreover, it is good also considering what the diffraction grating which reflects the light of the wavelength of excitation light near the end face by the side of the optical isolator of the optical fiber for magnification with which the 2nd optical fiber magnification stage is equipped alternatively is formed for as a description. Furthermore, the wavelength of the ** aforementioned signal light is 1550nm of abbreviation, ** rare earth elements are erbiums, and the wavelength of ** excitation light is good also considering what the diffraction grating which reflects the light of the wavelength of 1530nm of abbreviation near the end face by the side of the optical isolator of the optical fiber with which the 2nd optical fiber magnification stage is equipped alternatively is formed for as a description, when it is 980nm of abbreviation, and 1480nm of abbreviation.

[0012]

[Function] Excitation light which the one excitation light source generated in the optical fiber amplifier of this invention (when rare earth elements are Er)
Wavelength = It branches in the 1st branching excitation light and the 2nd branching excitation light by the optical turnout in 980nm of abbreviation, and 1480nm of abbreviation. While exciting the rare earth elements in the optical fiber for magnification (it is also henceforth called a preceding paragraph optical fiber) with which the 1st optical fiber magnification stage is equipped by the 1st branching excitation light The rare earth elements in the optical fiber for magnification (it is also henceforth called a latter-part optical fiber) with which the 2nd optical fiber magnification stage is equipped by the 2nd branching excitation light are excited. In branching of excitation light, the 1st branching excitation luminous intensity is set up so that the logarithm of the magnification gain of the preceding paragraph optical fiber from which light absorption loss was removed may become input excitation light reinforcement within the limits which carries out proportionally [abbreviation].

[0013] Although the method of excitation here of the optical fiber for magnification

is chosen by magnification reinforcement to obtain and the permissible noise characteristic, it has the following selection criteria. Although either front excitation or back excitation is employable in excitation of the preceding paragraph optical fiber by the 1st branching excitation light, the front excitation with smaller noise generating is desirable. If it is within the limits which the logarithm of the magnification gain of a preceding paragraph optical fiber carries out proportionally [abbreviation] also as back excitation at input excitation light reinforcement, since a noise figure does not become not much large, it is fully practical. Moreover, it is desirable to adopt big back excitation of magnification gain in excitation of the latter-part optical fiber by the 2nd branching excitation light.

[0014] In this condition, signal light inputs into a preceding paragraph optical fiber via the 1st directional coupler. The logarithm of the magnification gain which removed light absorption loss is amplified by input excitation light reinforcement in the range which carries out proportionally [abbreviation], and the signal light inputted into the preceding paragraph optical fiber is outputted. The light outputted from the preceding paragraph optical fiber is inputted into a latter-part optical fiber through an optical isolator. After the light inputted into the latter-part optical fiber is efficient, is amplified by the back excitation by the back input of the 2nd branching light, is outputted and minds the 2nd directional coupler, it turns into output light as optical fiber amplifier.

[0015] In addition, when rare earth elements are Er, in the range which the logarithm of the magnification gain of the optical fiber for magnification from which light absorption loss was removed usually carries out proportionally [abbreviation] by the front exciting method at input excitation light reinforcement, a noise characteristic is about 3dB. moreover, if it is a noise characteristic of this level and the luminous intensity of the wavelength of signal light is -20dBm - about -15dBm, not becoming, if it hears not much the noise characteristic of the light finally obtained also in the magnification operation by the back exciting method size is known. Therefore, it sees from the point of the quality of the magnification light obtained, and efficient use of the energy for magnification and is suitable to control the 1st presentation, die length, and excitation luminous intensity of an optical fiber to set the output luminous intensity of the 1st optical fiber to -20dBm - about -15dBm.

[0016] Moreover, in the present condition, the excitation light reinforcement of the front excitation from which that from which the output reinforcement of about 60-80mW is obtained as the excitation light source is realized, and magnification gain is set to 20dB - 25dB when input signal luminous intensity is about -40dB can be managed with about 5mW in many cases. Therefore, excitation luminous intensity which can be supplied to the 2nd optical fiber is made with 55mW - about 75mW. If it is the optical fiber of the same presentation in order to perform magnification in which this excitation luminous energy was fully employed efficiently, usually the die length of a latter-part optical fiber will become long rather than the die length of a preceding paragraph optical fiber.

[0017] Furthermore, if the diffraction grating which reflects the light of the wavelength of excitation light near the end face by the side of the optical isolator of

a latter-part optical fiber is formed, a part of excitation light which did not contribute to excitation of rare earth elements among the excitation light inputted into the latter-part optical fiber by the back exciting method will contribute to excitation of the rare earth elements in a latter-part optical fiber by passing a latter-part optical fiber again. Moreover, if the diffraction grating which reflects the light of 1530nm band near the end face by the side of the optical isolator of a latter-part optical fiber is formed when rare earth elements are Er, the light of 1530nm band which is the major component of the ASE noise included in the output light of a preceding paragraph optical fiber will not be substantially inputted into a latter-part optical fiber. In addition, about formation of the diffraction grating into an optical fiber, it is "L.Reekie et.al. : OFC'93, PD14", and "G.William et.al. : A diffraction grating can be formed in the core section by irradiating the interference pattern of powerful ultraviolet radiation at the core section as indicated by PCT/US85/01451."

[0018]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained, referring to an accompanying drawing. In addition, the same sign is given to the same element in explanation of a drawing, and the overlapping explanation is omitted.

[0019] (The 1st example) Drawing 1 is the block diagram of the 1st example of the optical fiber amplifier of this invention. In addition, in the following explanation, input signal luminous intensity assumes -40dBm. The excitation light source 100 whose output reinforcement about which this equipment generates like illustration the excitation light whose (a) wavelength is 980nm is about 60mW, (b) The excitation light outputted from the excitation light source 100 is inputted, and it is the excitation light I1 of about 5mW reinforcement. Excitation light I2 of about 55mW reinforcement The optical turnout 200 branched and outputted to two excitation light, (c) Excitation light I1 outputted from the optical turnout 200 While inputting from a terminal 311 and outputting from a terminal 313 Excitation light I2 outputted from the directional coupler 310 which inputs signal light from a terminal 312 and is outputted from a terminal 313, and (d) light turnout 200 While inputting from a terminal 321 and outputting from a terminal 322 The directional coupler 320 which outputs the light inputted from the terminal 322 from a terminal 323, (e) Input the light outputted from the terminal 313 of a directional coupler 310, and the logarithm of the magnification gain which removed light absorption loss amplifies signal light about input excitation light reinforcement in the range which carries out proportionally [abbreviation]. While inputting the light outputted from the optical fiber 410 which amplifies and outputs the luminous intensity of the wavelength of signal light to -15dBm of abbreviation, and the (f) optical fiber 410 from the optical input screen 501 and outputting from the optical output side 502 after transparency The optical isolator 510 which is not penetrated about the inputted light from the optical output side 502, (g) The optical fiber 410 and the optical fiber 420 which consists of the same presentation which inputs and amplifies the light outputted from the optical isolator 510, and is outputted to the terminal 322 of a directional coupler 320, (h) The optical isolator 520 which inputs input signal light, penetrates only the light which goes to the travelling direction of

input signal light, and is outputted towards the terminal 312 of a directional coupler 310, (i) The optical isolator 530 which penetrates only the light which goes to the travelling direction of the light which inputted the light outputted from the terminal 323 of a directional coupler 320, and was outputted from the terminal 323 of a directional coupler 320, (j) -- the optical band pass filter 600 which inputs the light outputted from the optical isolator 530, and penetrates the light of the wavelength near the wavelength of signal light alternatively -- since -- it is constituted.

[0020] Drawing 2 is a graph which shows the dependency over the excitation light reinforcement of the magnification gain of the input light (on-the-strength = -40dBm, wavelength = 1552nm) in the optical fiber for magnification of general E_r addition. If 0 to about 5mW removes the light absorption loss by self, excitation luminous intensity will depend for magnification gain (setting a unit to dB) on excitation light reinforcement, so that drawing 2 may show. The length is chosen so that an optical fiber 410 may consist of an optical fiber presentation of a class equipped with a property like drawing 2 and it may become about 25dB magnification gain to -40dBm input signal light (wavelength: 1.55-micrometer band) by front excitation of 5mW excitation light.

[0021] In the optical fiber amplifier of this example, the excitation light (wavelength = 980nm) which the excitation light source 100 generated is branched by the optical turnout 200 in the excitation light I1 (reinforcement = about 5mW) and the excitation light I2 (reinforcement = about 55mW). Excitation light I1 While exciting E_r in an optical fiber 410 by small front excitation of noise generating to depend, it is the excitation light I2. E_r in an optical fiber 420 is excited by high back excitation of the magnification gain to depend.

[0022] In this condition, signal light (reinforcement = -40dBm) carries out the sequential course of an optical isolator 520 and the directional coupler 310, and inputs them into an optical fiber 410. the logarithm of the magnification gain which removed light absorption loss amplifies the signal light inputted into the optical fiber 410 about input excitation light reinforcement in the range which carries out proportionally [abbreviation] -- having -- about [on-the-strength =] -15dBm and noise characteristic = -- it is outputted by about 3dB. The light outputted from the optical fiber 410 is inputted into an optical fiber 420 through an optical isolator 510. The light inputted into the optical fiber 420 is outputted as an output light of optical fiber amplifier, after it is efficient, being amplified by the back excitation by the back input of the branching light I2, being outputted and carrying out the sequential course of a directional coupler 320, an optical isolator 530, and the band pass filter 600. In this way, the energy for magnification is used efficiently and a low noise and a high amplification factor are attained.

[0023] (The 2nd example) Drawing 3 is the block diagram of the 2nd example of the optical fiber amplifier of this invention. Like illustration, the equipment of this example is constituted like the 1st example, except that the latter optical fibers 450 differ. And it differs from the optical fiber 420 of the 1st example in that the diffraction grating 451 by which an optical fiber 450 reflects the light whose wavelength is 980nm of abbreviation near the end face by the side of an optical isolator 510, and the diffraction grating 452 which reflects the light whose

wavelength is 1530nm of abbreviation are formed.

[0024] In the optical fiber amplifier of this example, the excitation light (wavelength = 980nm) which the excitation light source 100 generated is branched by the optical turnout 200 like the 1st example in the excitation light I1 (reinforcement = about 5mW) and the excitation light I2 (reinforcement = about 55mW). Excitation light I1 While exciting Er in an optical fiber 410 by small front excitation of noise generating to depend, Er in an optical fiber 450 is excited by high back excitation of the magnification gain by the excitation light I2. At this time, it is the excitation light I2. Inside, since it is reflected by the diffraction grating 451 and a part of excitation light which did not contribute to excitation of Er passes an optical fiber 450 again, while Er in an optical fiber 450 is excited by this re-passage and magnification effectiveness improves by it, degradation of a noise figure is also prevented.

[0025] In the optical fiber amplifier of this example, it operates like [the optical output from / from the incidence of signal light / an optical isolator 510] the 1st example. It is amplified while the light inputted into the optical fiber 450 passes the remaining part of an optical fiber 450 from an optical isolator 510, after the light whose wavelength which is the principal part of an ASE noise is 1530nm of abbreviation was reflected by the diffraction grating 452 and noise light has decreased. Moreover, incidence of the ASE noise of reflected 1530-micrometer band is not carried out to an optical fiber 410 with an optical isolator 510. Henceforth, it operates like the 1st example and the output light of a low noise is outputted.

[0026] Although the both sides of the diffraction grating which reflects excitation light and the light of the wavelength of abbreviation identitas, and the diffraction grating which reflects the light of the wavelength of the principal part of an ASE noise were formed in this example, when either is formed, each effectiveness explained above is attained.

[0027] This invention is not limited to the above-mentioned example, and can deform.

[0028] For example, the wavelength of excitation light is operated like the above-mentioned example also as 1480nm, and the same effectiveness is done so. Moreover, although the preceding paragraph optical fiber and the latter-part optical fiber used the thing of the same presentation, the optical fiber of a mutually different presentation may be used. Moreover, not only Er but rare earth elements can use Nd-Pr. Moreover, although excitation of a preceding paragraph optical fiber was considered as front excitation, considering as back excitation is also possible.

[0029]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the optical fiber amplifier which can obtain the output of a low noise is realizable, using efficiently the excitation luminous energy outputted from the one excitation light source according to the optical fiber amplifier of this invention, since it amplifies with a low noise with the optical fiber of the preceding paragraph and magnification of signal light is amplified by high interest profit with a latter optical fiber after magnification, as explained to the detail.

[0030] Moreover, if the diffraction grating which reflects the light of the wavelength of excitation light near the end face by the side of the optical isolator of a latter optical fiber is formed, since a part of excitation light which did not contribute to excitation of rare earth elements among the excitation light inputted into the latter optical fiber by the back exciting method will contribute to excitation of the rare earth elements in a latter optical fiber by passing a latter optical fiber again, magnification effectiveness can be improved.

[0031] Moreover, if the diffraction grating which reflects the light of 1530nm band near the end face by the side of the optical isolator of a latter optical fiber is formed when rare earth elements are Er, since the light of 1530nm band which is the major component of the ASE noise included in the output light of the optical fiber of the preceding paragraph will not be substantially inputted into a latter optical fiber, the noise light contained in the output light as optical fiber amplifier can be reduced.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the optical fiber amplifier of the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is the graph which shows the dependency over the excitation light reinforcement of the magnification gain of the optical fiber for magnification.

[Drawing 3] It is the block diagram of the optical fiber amplifier of the 2nd example of this invention.

[Drawing 4] It is the block diagram of the conventional optical fiber amplifier.

[Description of Notations]

100 [-- An optical fiber, 451,452 / -- A diffraction grating, 510,520,530 / -- An optical isolator, 600 / -- Optical band pass filter.] -- The excitation light source, 200 -- An optical turnout, 310,320 -- A directional coupler, 410,420,450

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

[Drawing 2]

[Drawing 3]

[Drawing 4]

[Translation done.]